

**Metode uji baku untuk batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas lempung**

***Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils***

(ASTM D4318 – 2005, MOD)



## Daftar Isi

Daftar Isi .....	i
Prakata .....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif .....	2
3 Istilah .....	2
4 Ringkasan metode pengujian .....	2
5 Peralatan .....	3
6 Bahan .....	7
7 Preparasi contoh dan contoh uji .....	7
8 Kalibrasi peralatan .....	7
9 Penyiapan contoh uji .....	8
10 Prosedur .....	10
11 Perhitungan .....	12
12 Laporan .....	13
13 Perhitungan .....	13
14 Penyiapan contoh uji .....	13
15 Prosedur .....	14
16 Perhitungan .....	15
17 Perhitungan .....	15
18 Pelaporan .....	16
20 Kata kunci .....	18
Lampiran A .....	17
Lampiran B .....	19
Bibliografi .....	22



## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) Metode uji baku untuk batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas lempung ini merupakan hasil adopsi modifikasi dari ASTM D 4318-05 *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Deviasi teknis dilakukan pada acuan normatif yaitu memasukkan SNI 03-1323-1989, *Cara uji keplastisan lempung menurut Atterberg*, serta dilakukan pula deviasi editorial yaitu perubahan penomoran pasal dan subpasal dari standar ASTM D 4318-05.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis 81-01, Industri Kaca dan Keramik dan telah dibahas dalam rapat konsensus lingkup panitia teknis di Bandung pada tanggal 15 Oktober 2008. Hadir dalam rapat tersebut wakil dari pemerintah, produsen, konsumen, pakar akademis dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya. SNI ini juga telah melalui konsensus nasional melalui pengungutan suara (voting) pada tanggal 22 Januari 2010 s.d. 22 Februari 2010.





## Metode uji baku untuk batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas lempung

### 1 Ruang lingkup

**1.1** Metode ini meliputi penentuan batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas lempung seperti dijelaskan pada pasal 3 Istilah.

**1.2** Terdapat dua metode untuk penyiapan contoh uji yaitu sebagai berikut : metode penyiapan basah sebagaimana diuraikan pada subpasal 9.1 dan metode penyiapan kering sebagaimana diuraikan pada subpasal 9.2. Metode yang digunakan harus dinyatakan oleh pihak peminta jasa. Apabila tidak ada metode khusus yang diminta, gunakan metode penyiapan basah.

**1.2.1** Batas cair dan batas plastis beberapa jenis lempung yang dikeringkan sebelum pengujian kemungkinan mempunyai nilai yang cukup berbeda dengan contoh yang tidak dikeringkan sebelum pengujian. Apabila batas cair dan batas plastis lempung digunakan untuk mengkorelasi atau memprediksi sifat-sifat lempung dalam kondisi basah alami, contoh tidak boleh dikeringkan sebelum pengujian kecuali data contoh kering memang sangat diperlukan.

**1.3** Terdapat dua metode untuk penentuan batas cair yaitu sebagai berikut : Metode A, pengujian *multipoint* (titik banyak) sebagaimana diuraikan pada pasal 10 dan 11 dan metode B, pengujian *one-point* ( titik tunggal ) sebagaimana diuraikan pada pasal 12 dan 13. Metode yang digunakan harus dinyatakan oleh pihak peminta jasa. Apabila tidak ada metode yang dinyatakan, gunakan Metode A

**1.3.1** Metode batas cair *multipoint* umumnya lebih akurat dibandingkan dengan metode *one-point*. Metode *multipoint* penggunaannya disarankan dalam hal hasil pengujian digunakan untuk penyelesaian perselisihan, atau apabila diperlukan akurasi yang lebih tinggi.

**1.3.2** Karena metode *one-point* memerlukan justifikasi teknis ketika contoh uji mendekati batas cair, maka teknis yang belum berpengalaman tidak disarankan untuk menggunakan metode ini.

**1.3.3** Korelasi terhadap penghitungan metode *one-point* tidak didasarkan pada validitas untuk jenis lempung-lempung tertentu, seperti lempung yang mengandung bahan organik atau lempung-lempung dari lingkungan laut. Hal ini sangat disarankan bahwa batas cair lempung tersebut ditentukan dengan metode *multipoint*.

**1.4** Pengujian batas plastis dibuat dari bahan yang disiapkan untuk pengujian batas cair.

**1.5** Batas cair dan batas plastis lempung seringkali secara kolektif dianggap sebagai batas Atterberg. Batas-batas ini telah membedakan batasan kondisi-kondisi konsistensi lempung plastis.

**1.6** Metode yang diuraikan disini hanya dimaksudkan untuk bagian lempung yang lolos ayakan 425  $\mu\text{m}$  ( No. 40 ). Oleh karena itu, kontribusi relatif dari lempung bagian ini terhadap sifat-sifat contoh secara keseluruhan harus dipertimbangkan apabila menggunakan pengujian ini untuk mengevaluasi sifat-sifat lempung.



## 2 Acuan normatif

SNI 03-1323-1989, *Cara uji keplastisan lempung menurut Atterberg*.

ASTM D 4318-05, *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.

ASTM D 653, *Terminology relating to Soil, Rock, and Contained Fluids*.

ASTM D 2216, *Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.

ASTM E 691, *Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method*.

ASTM D 2487, *Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*.

ASTM E 11, *Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes*.

ASTM E 177, *Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods*.

ASTM D 6026, *Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data*.

## 3 Istilah

### 3.1 Definisi

**3.1.1** Definisi umum untuk istilah–istilah dalam standar ini, mengacu pada *Terminology D 653*

**3.1.2** Batas cair (Liquid Limit, LL,  $w_L$ )—Kadar air (dalam persen) suatu lempung pada perbatasan antara keadaan semicair dan plastis

**3.1.3** Batas plastis (Plastic Limit, PL,  $w_p$ )—Kadar air (dalam persen) suatu lempung pada perbatasan antara keadaan plastis dan semi-padat.

**3.1.4** Lempung plastis—Suatu lempung yang memiliki rentang kadar air sedemikian rupa yang apabila melebihi angka tersebut akan memberikan plastisitas dan akan mempertahankan bentuknya dalam pengeringan.

**3.1.5** Indeks plastisitas (Plasticity Index, PI)—Rentang kadar air yang apabila melebihi angka tersebut lempung akan menjadi plastis. Secara numerik, merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis.

## 4 Ringkasan metode pengujian

**4.1** Contoh uji diproses untuk memisahkan material yang tidak lolos ayakan 425  $\mu\text{m}$  ( No. 40 ). Batas cair ditentukan dengan melakukan percobaan sejumlah massa dengan kadar air tertentu ditebarkan dalam sebuah mangkok kuningan, permukaannya diratakan dan dibagi menjadi dua bagian dengan alat pembuat alur. Massa yang telah terpisah dibiarkan berhimpit kembali akibat ketukan dengan menjatuhkan mangkok secara berulang dalam peralatan batas cair Atterberg. Batas cair *multipoint*, Metode A, memerlukan tiga kali percobaan atau lebih dalam suatu rentang kadar air yang berbeda, kemudian data yang diperoleh diplot atau dihitung untuk memperoleh hubungan antara batas cair yang telah ditentukan dengan jumlah ketukan. Batas cair *one-point*, Metode B, menggunakan data dari dua percobaan (duplo) pada satu nilai kadar air yang sama



**4.2** Batas plastis ditentukan dengan menekan bersama dan menggulung menjadi silinder berukuran diameter 3,2 mm dari sebagian kecil lempung plastis sampai kadar airnya berkurang hingga suatu titik dimana silinder tersebut hancur dan tidak dapat ditekan dan dibentuk ulang. Kadar air lempung pada nilai ini dilaporkan sebagai batas plastis.

**4.3** Indeks plastisitas dihitung sebagai selisih antara batas cair dan batas plastis.

## 5 Peralatan

**5.1** Alat batas cair - Sebuah peralatan mekanis yang terdiri dari sebuah mangkok kuningan yang menggantung pada sebuah pemegang yang didesain untuk mengontrol jatuhnya mangkok tersebut pada sebuah landasan. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian yang penting dan ukuran-ukuran yang kritis dari peralatan tersebut. Peralatan tersebut dapat dioperasikan secara manual ataupun dengan menggunakan motor listrik.

**5.1.1** Landasan - Sebuah landasan dari *karet keras yang memiliki kekerasan Tipe D Durometer 80 sampai 90, dan daya elastisitas minimal 77 % tetapi tidak lebih dari 90 %*. Lakukan pengujian elastisitas di atas ujung landasan dengan kaki terikat/terkait. Pengukuran elastisitas secara rinci dari landasan diberikan dalam Lampiran A1.

**5.1.2** Kaki karet, menyangga landasan, didesain untuk memberikan isolasi bagi landasan dari permukaan kerja, dan memiliki kekerasan Tipe A Durometer tidak lebih besar dari 60 yang diukur pada ujung kaki yang terkait pada landasan.

**5.1.3** Mangkok, kuningan, dengan berat mangkok berikut penggantungnya adalah 185 sampai 215 g.

**5.1.4** Cam - Didesain untuk mengangkat mangkok secara perlahan dan terus menerus untuk mencapai ketinggian maksimalnya, pada jarak minimal 180° putaran cam, tanpa memberikan peningkatan maupun penurunan kecepatan mangkok pada saat cam berikutnya meninggalkan cam sebelumnya. (Pergerakan cam yang disarankan mempunyai kurva peningkatan percepatan yang seragam).

**CATATAN 1** - Desain cam dan follower pada Gambar 1 adalah untuk gerakan percepatan yang seragam ( parabolik ) sesudah bersentuhan dan menjamin bahwa mangkok tidak mempunyai kecepatan awal pada saat jatuh. Desain-desain cam yang lain yang mempunyai bentuk serupa dapat juga digunakan. Namun demikian apabila bentuk cam-follower lift tidak diketahui, kecepatan nol saat jatuh dapat dijamin dengan mengisi atau menghaluskan cam dan follower secara hati-hati sehingga ketinggian mangkok adalah konstan pada putaran cam terakhir 20 sampai 45 derajat.

**5.1.5** Pembawa (carriage), disusun sedemikian rupa sehingga memberikan kenyamanan tetapi dapat diatur ketinggian jatuh mangkok adalah 10 mm dan didesain sedemikian rupa sehingga rakitan mangkok dan penggantung mangkok hanya dikaitkan pada alat pembawa dengan menggunakan mur yang bisa dilepas. Lihat Gambar 2 untuk definisi dan penentuan ketinggian jatuh mangkok tersebut.

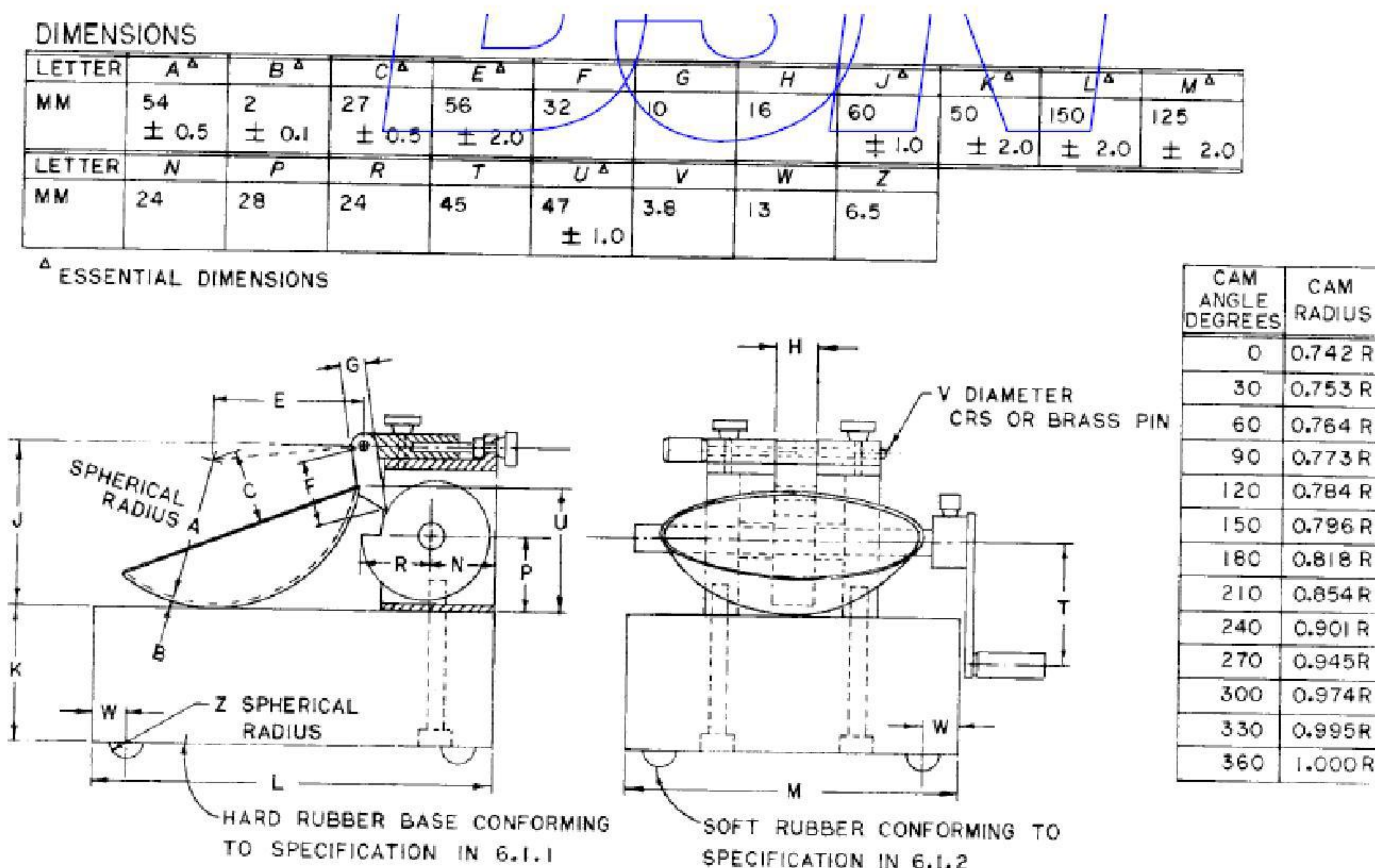
**5.1.6** Motor penggerak (pilihan) - Sebagai alternatif untuk cara manual sebagaimana terlihat pada Gambar 1, peralatan dapat dilengkapi dengan sebuah motor untuk memutar cam. Motor tersebut harus memutar cam pada kecepatan  $2,0 \pm 0,1$  putaran per detik dan harus diisolasi dari bagian ujung alat dengan lapisan karet atau kadang-kadang dengan cara yang lain yang dapat melindungi getaran dari motor yang diteruskan ke bagian peralatan lainnya. Motor tersebut harus dilengkapi dengan tombol ON-OFF dan sebuah peralatan untuk memberikan posisi cam yang nyaman guna pengaturan ketinggian jatuh. Hasil yang



diperoleh dengan menggunakan alat yang dilengkapi motor ini harus tidak berbeda dengan yang diperoleh dengan menggunakan peralatan yang dioperasikan secara manual.

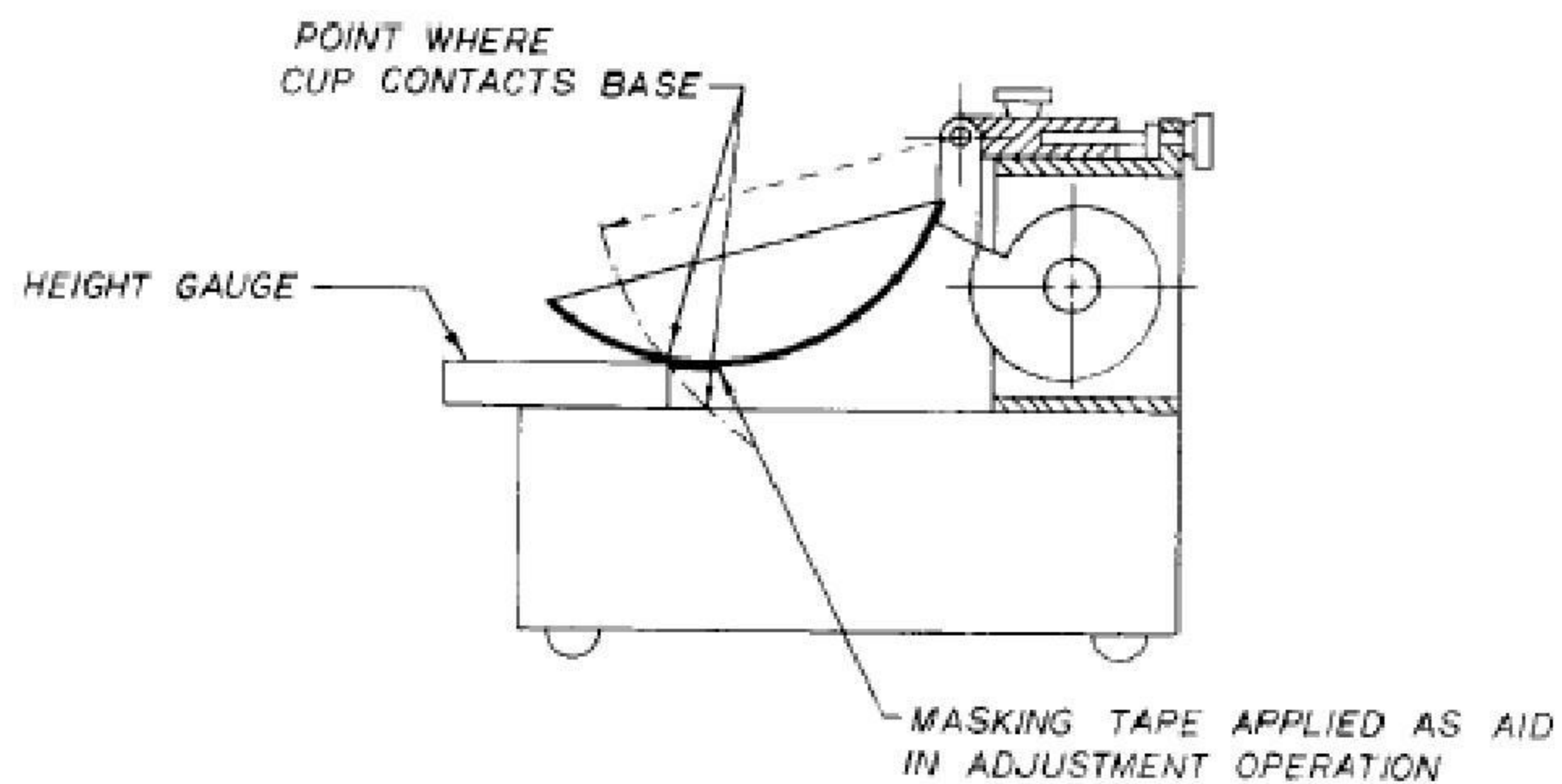
**5.2 Peralatan penggores yang datar** - Sebuah peralatan yang terbuat dari plastik atau logam yang tidak karat yang memiliki ukuran sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Desain dari peralatan tersebut dapat bervariasi sepanjang dimensi utamanya dapat terjaga. Peralatan tersebut dapat dipasang (tetapi tidak harus), alat ukur untuk mengatur ketinggian jatuh peralatan batas cair.

**CATATAN 2** - Sebelum menerapkan metode uji ini, sebuah peralatan penggores lengkung disyaratkan sebagai bagian peralatan untuk melakukan pengujian batas cair. Peralatan penggores lengkung tidak seakurat peralatan datar sebagaimana diuraikan pada butir 5.2 karena tidak mengontrol kedalaman lempung dalam mangkok batas cair. Namun demikian, beberapa data menunjukkan bahwa batas cair secara umum sedikit meningkat apabila peralatan datar digunakan sebagai pengganti peralatan lengkung.



**Gambar 1 - Peralatan batas cair yang dioperasikan secara manual**  
[istilah supaya diterjemahkan dalam gambar]





Gambar 2 - Kalibrasi tinggi jatuh mangkok

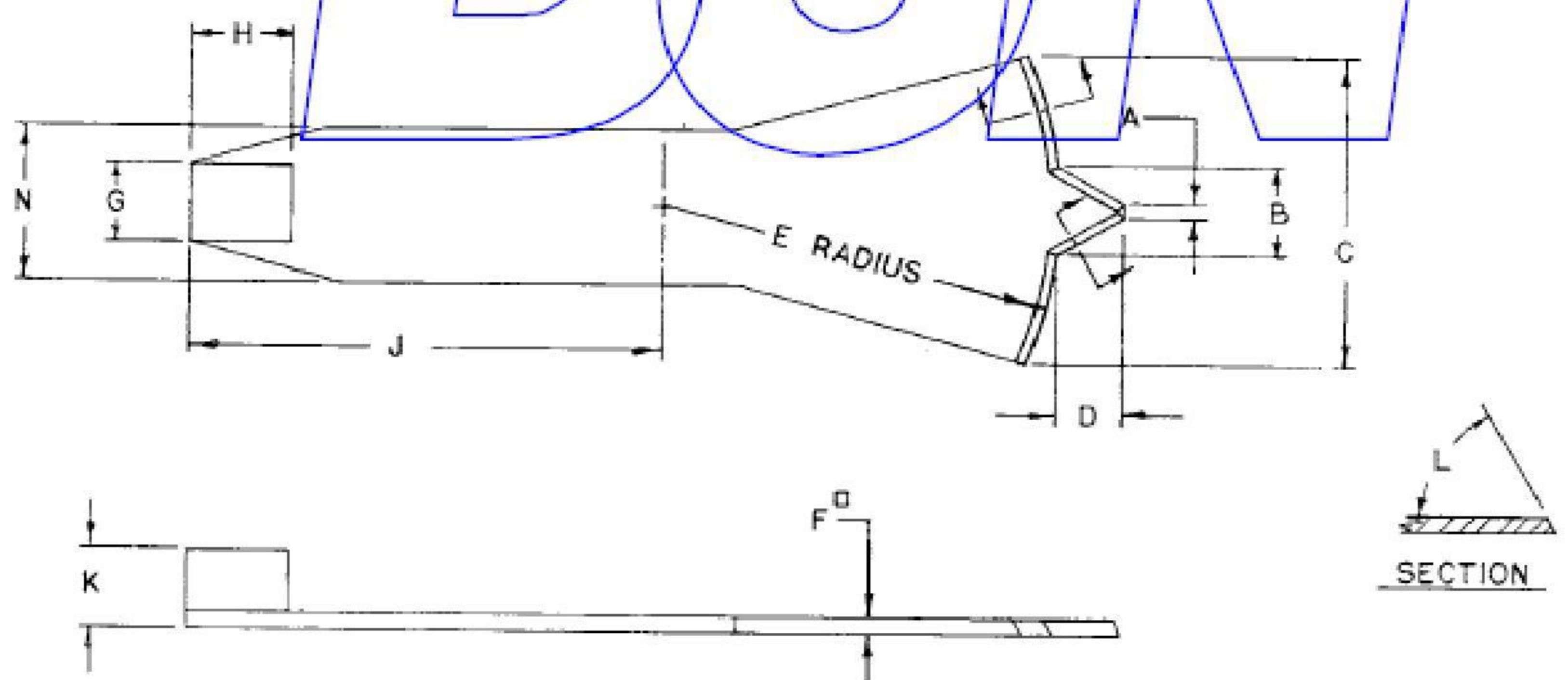
## DIMENSI

LETTER	A <sup>Δ</sup>	B <sup>Δ</sup>	C <sup>Δ</sup>	D <sup>Δ</sup>	E <sup>Δ</sup>	F <sup>Δ</sup>
MM	2 ± 0.1	11 ± 0.2	40 ± 0.5	8 ± 0.1	50 ± 0.5	2 ± 0.1
LETTER	G	H	J	K <sup>Δ</sup>	L <sup>Δ</sup>	N
MM	10 MINIMUM	13	60	10 ± 0.05	60 DEG ± 1 DEG	20

<sup>Δ</sup> ESSENTIAL DIMENSIONS

<sup>□</sup> BACK AT LEAST 15 MM FROM TIP

NOTE : DIMENSION A SHOULD BE 1.9-2.0 AND DIMENSION D SHOULD BE 8.0-8.1 WHEN NEW TO ALLOW FOR ADEQUATE SERVICE LIFE



Gambar 3 - Alat pembuat alur ( Tinggi opsional ketukan gauge yang terhubung )

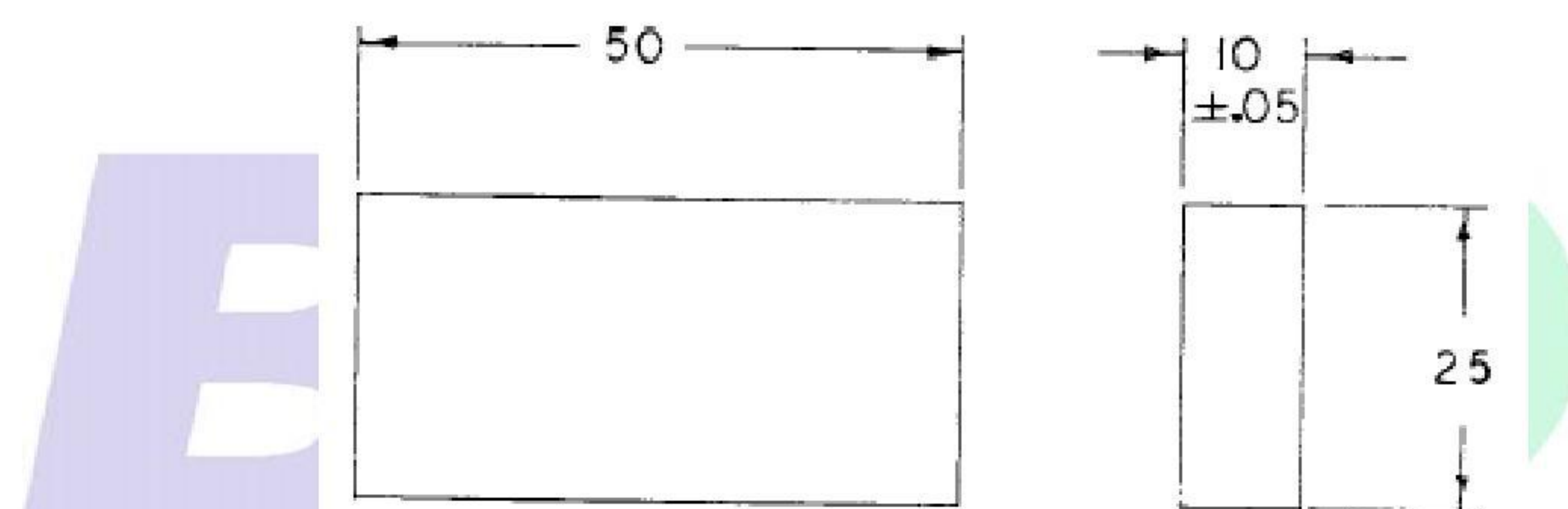


**5.3** Alat ukur (*gauge*) - Sebuah blok alat ukur logam untuk mengatur ketinggian jatuh mangkok memiliki dimensi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Desain alat tersebut dapat bervariasi sejauh alat ukur dapat duduk secara stabil di atas landasan tanpa mengalami pengerasan, dan sisi yang kontak dengan mangkok selama pengaturan harus lurus, minimal selebar 10 mm dan tanpa ada lengkungan.

**5.4** Wadah untuk kadar air - Wadah tahan karat berukuran kecil dengan penutup yang sesuai untuk contoh kadar air. Kaleng aluminium atau *stainless steel* yang tingginya 2,5 cm, diameter 5 cm cukup memadai.

**5.5** Timbangan dengan akurasi 0,01 g

**5.6** Wadah penyimpanan dan pencampuran - Sebuah wadah untuk mencampur contoh lempung dan untuk menyimpan bahan yang telah disiapkan. Selama pencampuran dan penyimpanan, wadah tersebut sebaiknya tidak mencemari bahan dan mencegah hilangnya air selama penyimpanan. Wadah porselen, gelas, atau piring plastik berdiameter kira-kira 11,4 cm (cukup dipasang terbalik) dan kantong plastik yang cukup besar yang memungkinkan untuk menutup piring tersebut dirasa cukup memadai.



**Gambar 4 - Tinggi jatuh mangkok (ukuran dalam milimeter)**

**5.7** Alat batas plastis

**5.7.1** Pelat landasan gelas - Sebuah pelat landasan gelas minimal 30 cm bujur sangkar dengan tebal 1 cm untuk menggulung silinder batas plastis.

**5.8** Spatula-Spatula atau pisau yang memiliki bilah kira-kira selebar 2 cm dan panjang kira-kira 10 sampai 13 cm

**5.9** Ayakan - Sebuah ayakan berdiameter 200 mm dengan lubang ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40) yang memenuhi Spesifikasi ASTM E 11-04 dan memiliki tinggi sisi minimal 5 cm di atas kawat saringan. Sebuah ayakan 2,00 mm (No. 10) juga diperlukan.

**5.10** Botol pencuci, atau wadah yang serupa untuk menambah sejumlah air pada lempung (sebagai pengontrol) dan mencuci bagian-bagian halus pada lempung dan cuci butir-butir halus dari partikel yang kasar.

**5.11** Oven pengering yang mampu menjaga secara terus-menerus pada temperatur  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  di seluruh ruangan pengering.

**5.12** Wadah pencuci, berbentuk lingkaran dengan dasar yang datar, minimal memiliki kedalaman 7,6 cm yang bagian dasarnya sedikit lebih besar dari diameter ayakan 20,3 cm.



## 6 Bahan

**6.1** Air murni - Air suling digunakan sebagai acuan pada metode uji ini. Lihat Catatan 6 yang mencakup penggunaan air kran.

## 7 Preparasi contoh dan contoh uji

**7.1** Contoh yang akan disiapkan dengan menggunakan metode penyiapan basah ( 9.1 ) harus dimasukkan dalam wadah serta dijaga kadar airnya tetap sebelum dipreparasi.

**7.2** Ambil contoh secukupnya yang mewakili dari jumlah contoh dengan metode *quartering* atau *splitting* untuk menghasilkan contoh uji 150 g sampai 200 g bahan yang *lolos ayakan* 425  $\mu\text{m}$  (No. 40).

**7.3** Apabila data dari metode uji ini akan digunakan untuk menghubungkan dengan laboratorium lain atau data pengujian lapangan, gunakan bahan sebagaimana yang digunakan untuk pengujian tersebut apabila memungkinkan.

## 8 Kalibrasi peralatan

### 8.1 Pemeriksaan keausan

#### 8.1.1 Peralatan uji batas cair

Pastikan bahwa peralatan uji batas cair bersih dan bekerja dengan baik. Periksa hal-hal spesifik berikut.

##### 8.1.1.1 Keausan landasan

Titik dalam landasan dimana mangkok bersentuhan sebaiknya diameter keausannya tidak lebih besar dari 10 mm. Apabila titik keausan lebih besar dari ini, landasan tersebut dapat digosok untuk menghilangkan titik aus yang memberikan permukaan baru sehingga landasan tersebut tidak lebih tipis dari yang ditentukan pada butir 5.1.1 dan ukuran-ukuran lain yang terkait tetap terjaga.

##### 8.1.1.2 Keausan mangkok

Ganti mangkok tersebut apabila peralatan penggores memiliki keausan yang masuk dalam mangkok sedalam 0,1 mm atau pada saat bibir mangkok telah berkurang separuh dari ketebalan awalnya. Pastikan bahwa mangkok terikat secara kuat pada penggantung mangkok.

##### 8.1.1.3 Keausan penggantung mangkok

Pastikan bahwa alat penggantung mangkok tidak bengkok dan tidak aus sehingga memungkinkan pergerakan tepi bagian terbawah dari sisi ke sisi lebih dari 3 mm.

##### 8.1.1.4 Keausan cam

Cam sebaiknya tidak aus sehingga memungkinkan mangkok jatuh sebelum penggantung mangkok (*cam follower*) terlepas dari cam.

### 8.1.2 Alat pembuat alur

Periksa keausan alat pembuat alur atas dasar frekuensi penggunaan ataupun waktu penggunaan. Kecepatan keausan tergantung dari bahan yang digunakan dan jenis lempung yang diuji. Lempung yang banyak mengandung butiran pasir halus bisa menyebabkan kerusakan ( keausan ) alat pembuat alur yang relatif cepat, oleh karena itu, apabila menguji bahan-bahan tersebut, peralatan sebaiknya lebih sering dikontrol.



**CATATAN 3** Ketebalan ujung alat pembuat alur secara tepat dapat diperiksa dengan menggunakan alat pembesar ukuran mini yang dilengkapi dengan skala millimeter. Alat pembesar jenis ini dapat diperoleh dengan mudah pada perusahaan pemasok laboratorium. Kedalaman dari ujung alat pembuat alur dapat diperiksa dengan menggunakan jangka sorong.

## 8.2 Pengatur tinggi ketukan

Atur ketinggian jatuh mangkok sehingga titik mangkok yang akan bersentuhan dengan landasan mencapai ketinggian  $(10 \pm 0,2)$  mm. Lihat Gambar 2 untuk tata letak alat ukur yang sesuai relatif terhadap mangkok selama pengaturan.

**CATATAN 4** Prosedur yang tepat untuk pengaturan ketinggian jatuh adalah sebagai berikut : letakkan sebuah pita penutup menyilang pada sisi luar dasar mangkok sejajar dengan sumbu penggantung mangkok. Sisi pita yang jauh dari penggantung mangkok sebaiknya membagi dua titik pada mangkok yang menyentuh landasan. Untuk mangkok-mangkok baru, letakkan selembar kertas karbon pada dasar dan biarkan mangkok jatuh beberapa kali sehingga memberikan tanda pada titik kontak. Pasang mangkok pada alat tersebut dan putar engkol sampai mangkok naik pada ketinggian maksimalnya. Geser ketinggian alat ukur di bawah mangkok dari depan, dan amati apakah alat ukur menyentuh mangkok atau pita.( Lihat Gambar 2 ). Apabila pita dan mangkok kedua-duanya bersinggungan secara terus-menerus, ketinggian jatuh siap diperiksa. Apabila tidak, atur mangkok sampai bersentuhan secara terus-menerus. Periksa pengatur dengan memutar engkol pada 2 putaran per detik sambil memegang alat ukur pada posisi berhadapan dengan pita dan mangkok. Apabila tidak ada bunyi klik terdengar mangkok naik dari alat ukur, berarti pengaturan sudah benar. Apabila tidak ada bunyi yang terdengar atau apabila mangkok naik dari alat ukur, atur kembali ketinggian jatuhnya. Apabila mangkok mengayun pada alat ukur selama pengontrolan operasi ini, sumbu penggantung *cam* aus bagian yang aus tersebut sebaiknya diganti. Pindahkan atau ambil pita setelah operasi pengaturan selesai.

## 9 Penyiapan contoh uji

### 9.1 Metode penyiapan basah

Terkecuali apabila penyiapan benda uji dengan metode kering diminta (9.2), siapkan contoh uji untuk pengujian sebagaimana diuraikan pada pasal-pasal berikut.

#### 9.1.1 Bahan yang lolos pada ayakan 425 $\mu\text{m}$ (No. 40)

**9.1.1.1** Tentukan secara visual dan dengan metode manual bahwa contoh uji dari 7.2 hanya mengandung sejumlah kecil atau tidak ada sama sekali bahan yang tertahan oleh ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40). Apabila demikian, siapkan 150 g sampai 200 g bahan dengan mencampurkan secara homogen dengan air suling pada plat gelas atau piring pencampur dengan menggunakan spatula. Apabila dikehendaki, biarkan bahan dalam piring pencampur atau simpan dengan sejumlah kecil air untuk membuat bahan lebih lunak sebelum mulai pencampuran. Apabila menggunakan Metode A, atur kadar air bahan sedemikian rupa sehingga mencapai konsistensi tertentu yang memerlukan kira-kira 25 sampai 35 ketukan dalam alat batas cair untuk menghimpitkan kembali alur (Catatan 6). Untuk Metode B, jumlah ketukan sebaiknya antara 20 dan 30 ketukan.

**9.1.1.2** Apabila selama pencampuran diperkirakan terdapat sejumlah kecil bahan yang tidak lolos pada ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), ambil partikel-partikel tersebut dengan menggunakan tangan (apabila memungkinkan). Apabila hal ini tidak bisa dilakukan, ambil sejumlah kecil bahan kasar (kurang dari 15 %) dengan mengaduk bahan di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$ . Dalam prosedur ini gunakan sebuah lembaran karet, *stopper* karet atau alat lain yang memadai, yang memungkinkan prosedur tersebut tidak merusak ayakan atau merusak bahan yang tidak lolos pada ayakan apabila metode pencucian sebagaimana diuraikan pada butir 9.1.2 dilakukan. Apabila partikel-partikel kasar yang ditemukan selama pencampuran adalah konkresi, cangkang atau partikel-partikel getas lain, ambil dengan tangan atau



dengan mencucinya, jangan dilakukan penggerusan terhadap partikel kasar tersebut hingga lolos ayakan 425  $\mu\text{m}$ .

**9.1.1.3** Tempatkan bahan yang telah disiapkan dalam piring pencampur atau piring penyimpanan, tutup untuk mencegah kehilangan air, dan biarkan selama minimal 16 jam. Setelah masa perendaman itu, campur kembali lempung tersebut secara merata sebelum mulai pengujian.

**CATATAN 5** - Waktu untuk melakukan pencampuran lempung yang memadai sangat bervariasi, tergantung pada plastisitas dan kadar air awalnya. Waktu pencampuran awal yang lebih dari 30 menit biasanya diperlukan untuk lempung-lempung yang keras dan gembur (*stiff fat clay*).

**9.1.2** Bahan yang mengandung partikel tidak lolos pada ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40).

**9.1.2.1** Letakkan contoh uji (lihat 7.2) dalam sebuah wadah atau piring dan tambahkan air secukupnya untuk menutup bahan. Biarkan bahan terendam sampai semua gumpalan menjadi lunak dan bahan-bahan halus tidak lagi menempel pada permukaan partikel kasar (Catatan 6).

**CATATAN 6** Dalam banyak hal, kation dari garam-garam yang terdapat dalam air kran akan ditukar dengan kation-kation alami yang terdapat pada lempung dan akan mempengaruhi hasil uji apabila air kran digunakan untuk merendam ataupun untuk mencuci. Oleh karena itu, harus digunakan air suling atau air yang telah didemineralisasi terkecuali apabila diketahui dengan jelas bahwa air kran tidak mengandung kation-kation tersebut. Sebagai kebenaran umum, air yang mengandung padatan-padatan terlarut lebih besar dari 100 mg/L sebaiknya tidak digunakan merendam ataupun mencuci.

**9.1.2.2** Apabila bahan mengandung sejumlah besar partikel-partikel yang tidak lolos pada ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), lakukan prosedur secara bertahap setiap kali pencucian dilakukan terhadap bahan tidak lebih dari 500 g. Letakkan ayakan 425  $\mu\text{m}$  di dasar wadah yang bersih. Pindahkan campuran lempung dan air tanpa ada bahan yang hilang ke dalam ayakan. Apabila terdapat kerikil atau partikel berukuran pasir kasar, cuci berkali-kali dengan menggunakan air dari botol pencuci, dan keringkan. Atau pindahkan campuran lempung-air di atas ayakan 2,00 mm (No. 10) yang disusun di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$ , cuci bahan halus dan ambil ayakan 2,00 mm tersebut. Setelah pencucian dan pemindahan bahan kasar, tambahkan air secukupnya dalam wadah sehingga permukaan air sampai kira-kira 13 mm di atas permukaan ayakan 425  $\mu\text{m}$ . Aduk bubur tersebut dengan jari tangan sambil menaikkan dan menurunkan ayakan dalam wadah dan putar suspensi sehingga bahan halus dapat tercuci dari bahan kasar. Pisahkan lempung halus yang tidak dapat terpisah dengan sentuhan halus di atas ayakan dengan menggunakan ujung-ujung jari tangan. Akhiri pencucian dengan mengangkat ayakan di atas permukaan air dan mencuci bahan-bahan yang tertinggal dengan air bersih. Tumpahkan bahan yang tertinggal pada ayakan 425  $\mu\text{m}$ .

**9.1.2.3** Kurangi kadar air bahan yang lolos ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40) sampai mendekati batas cair. Penurunan kadar air dapat dilakukan dengan satu atau kombinasi dari metode-metode berikut : (a) diangin-anginkan pada temperatur ruang, (b) diangin-anginkan pada temperatur hangat dengan menggunakan sumber pemanas seperti pengering rambut, (c) meniriskan air bersih dari permukaan suspensi, (d) menyaring dalam corong Buchner atau menggunakan lilin penyaring, atau (e) meniriskan dalam kolom atau wadah-wadah gipsum dengan retentivitas (daya serap) yang tinggi<sup>1</sup>, kertas saring yang memiliki kekuatan basah yang tinggi. Apabila digunakan wadah gipsum, usahakan wadah tersebut jangan sampai jenuh, karena akan menyebabkan tidak dapat menyerap air ke dalam permukaannya. Keringkan wadah setiap kali digunakan selama pendinginan dan penguapan lakukan pengadukan bahan sesering mungkin untuk mencegah terjadinya pengeringan berlebihan.

<sup>1</sup> Kertas saring S and S 595 tersedia dalam diameter 320 mm telah terbukti memuaskan



Untuk bahan yang mengandung garam-garam terlarut, gunakan metode pengurangan air ( a atau b ) yang tidak akan menghilangkan garam-garam terlarut dari contoh uji.

**9.1.2.4** Apabila memungkinkan, ambil bahan yang tertinggal di atas kertas saring. Campur bahan pada plat kaca atau piring pencampur dengan menggunakan spatula. Apabila diperlukan, atur kadar air campuran dengan menambah sedikit demi sedikit air suling atau air yang telah didemineralisasi atau dengan membiarkan campuran mengering pada temperatur ruangan. Apabila menggunakan Metode A, kadar air bahan sebaiknya disesuaikan kira – kira 25 sampai 35 ketukan pada alat batas cair untuk menghimpitkan alur. Untuk Metode B, jumlah ketukan sebaiknya antara 20 dan 30. Apabila diperlukan, letakkan bahan campuran di dalam piring penyimpanan, tutup untuk mencegah kehilangan air, dan biarkan selama minimal 16 jam. Setelah dibiarkan segera sebelum memulai pengujian, campur kembali semua contoh uji.

## **9.2 Metode penyiapan kering**

**9.2.1** Keringkan contoh uji pada butir 7.2 pada temperatur ruangan atau di dalam oven pada temperatur tidak melebihi 60 °C sampai lempung yang menggumpal akan siap dihancurkan.

**9.2.2** Hancurkan bahan dalam mortar dengan alu atau dengan cara lain yang tidak menyebabkan kerusakan masing-masing partikel. Apabila partikel kasar yang ditemukan selama penghancuran adalah konkresi, cangkang atau partikel-partikel getas lain, jangan hancurkan partikel ini agar melewati ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), tetapi pindahkan dengan tangan atau alat lain yang cocok, seperti pencucian. Apabila prosedur pencucian digunakan, ikuti 9.1.2.1–9.1.2.4.

**9.2.3** Pisahkan bahan di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), goyangkan ayakan dengan tangan untuk memastikan pemisahan fraksi yang lebih halus. Kembalikan bahan yang tertahan di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$  ke dalam peralatan pemisahan dan ulangi pemisahan dan proses pengayakan. Hentikan prosedur ini apabila bahan halus sudah diperoleh.

**9.2.4** Tempatkan bahan yang tertahan di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$  (No. 40) setelah proses pemisahan akhir di dalam piring dan rendam dalam sedikit air. Aduk campuran ini dan pindahkan ke ayakan 425  $\mu\text{m}$ ,. Tuangkan suspensi ini ke dalam piring yang mengandung lempung kering yang sebelum–sebelumnya diayak melalui ayakan 425  $\mu\text{m}$ . Buang bahan yang tertahan di atas ayakan 425  $\mu\text{m}$ .

**9.2.5** Lanjutkan prosesnya seperti pada pasal 9.1.2.3 dan 9.1.2.4

## **10 Prosedur**

**10.1** Campur kembali contoh uji (lempung) dengan hati-hati dalam mangkuk pencampur dan apabila perlu atur kadar airnya sedemikian rupa sehingga mencapai sekitar 25 sampai 35 ketukan alat batas cair untuk menghimpitkan alur. Dengan menggunakan spatula, tempatkan sebagian lempung yang telah disiapkan di dalam mangkok peralatan batas cair pada titik dimana mangkok berada di atas dasarnya, tekan lempung ke bagian bawah mangkok, dan sebarkan di dalam mangkok sampai kedalaman kira-kira 10 mm dan titik terdalamnya meruncing membentuk permukaan horizontal. Simpan lempung yang tidak terpakai dalam wadah pencampur. Tutup dengan kain lembab (atau alat lain yang sejenis) untuk mempertahankan kadar air lempung.

**10.2** Bentuk alur lempung dengan alat pembuat alur, miringkan sisinya ke arah depan, lewati lempung pada garis yang menghubungkan titik tertinggi ke titik terendah pada tepi



mangkok. Pada saat membuat alur, pegang alat pembuat alur untuk menahan permukaan mangkok dan pindahkan sisa lempungnya, pertahankan alat tegak lurus terhadap permukaan mangkok selama pergerakannya. Lihat Gambar 6. Pada lempung dimana alur tidak dapat dibuat dalam satu pengaluran tanpa membuat retak lempung, buat alur dengan beberapa kali pengaluran dengan alat pembuat alur. Sebagai alternatif, buat alur dengan ukuran kurang dari yang dibutuhkan dengan menggunakan spatula dan gunakan alat pembuat alur untuk membuat alur pada ukuran akhir. Pengujian yang sering dilakukan dapat mencegah tersisnya lempung pada permukaan mangkok.

**10.3** Pastikan bahwa tidak ada sisa-sisa lempung pada dasar atau bagian bawah mangkok. Angkat dan jatuhkan mangkok dengan memutar engkol sampai lempung yang terbagi menjadi dua bagian menyatu kembali pada bagian bawah alat lekuk sepanjang 13 mm. Lihat Gambar 7 dan Gambar 8.

**CATATAN 7** - Penggunaan skala direkomendasikan untuk memastikan bahwa alat gores sudah mendekati 13 mm.

**10.4** Pastikan bahwa gelembung udara tidak menyebabkan penempelan lempung yang lebih cepat dengan memeriksa bahwa kedua sisi alur sudah digores dengan bentuk yang kira-kira sama. Apabila gelembung menyebabkan penempelan lekukan yang lebih cepat, cetak ulang lempung di dalam mangkok, tambahkan sedikit lempung untuk mengganti lempung yang hilang pada proses pengaluran dan ulangi sesuai prosedur pasal 10.1 – 10.3. Apabila lempung tersisa pada permukaan mangkok, ulangi sesuai prosedur pasal 10.1 – 10.3 pada kadar air yang lebih tinggi. Apabila setelah beberapa pengujian pada kadar air yang lebih tinggi berhasil dilakukan, lempung dilanjutkan disimpan di dalam mangkok atau apabila jumlah ketukan yang diperlukan untuk menghimpitkan alur selalu kurang dari 25 ketukan, catat bahwa batas cair tidak dapat ditetapkan, dan laporkan lempung tersebut sebagai lempung tidak plastis tanpa melakukan pengujian batas plastis.

**10.5** Catat jumlah ketukan,  $N$ , yang diperlukan untuk menutup alur. Pindahkan sedikit lempung kira-kira selebar spatula, tempatkan di dalam wadah yang diketahui beratnya dan kemudian ditutup.

**10.6** Kembalikan lempung yang terdapat di dalam mangkok ke dalam wadah. Cuci dan keringkan mangkok dan peralatan pembuat alur dan sambungkan mangkok pada rangkaian alat untuk pengujian berikutnya.

**10.7** Campur kembali contoh uji lempung dalam wadah, tambahkan aquades untuk meningkatkan kadar air lempung dan menurunkan jumlah ketukan yang diperlukan untuk menutup alur. Ulangi sesuai prosedur pasal 10.1 – 10.6 untuk minimal dua tambahan percobaan (duplo) untuk menghasilkan jumlah ketukan yang lebih rendah untuk menutup alur. Salah satu percobaan untuk data yang mendekati 25 ketukan sampai 35 ketukan, satu untuk data antara 20 ketukan dan 30 ketukan, dan satu percobaan untuk data 15 ketukan sampai 25 ketukan.

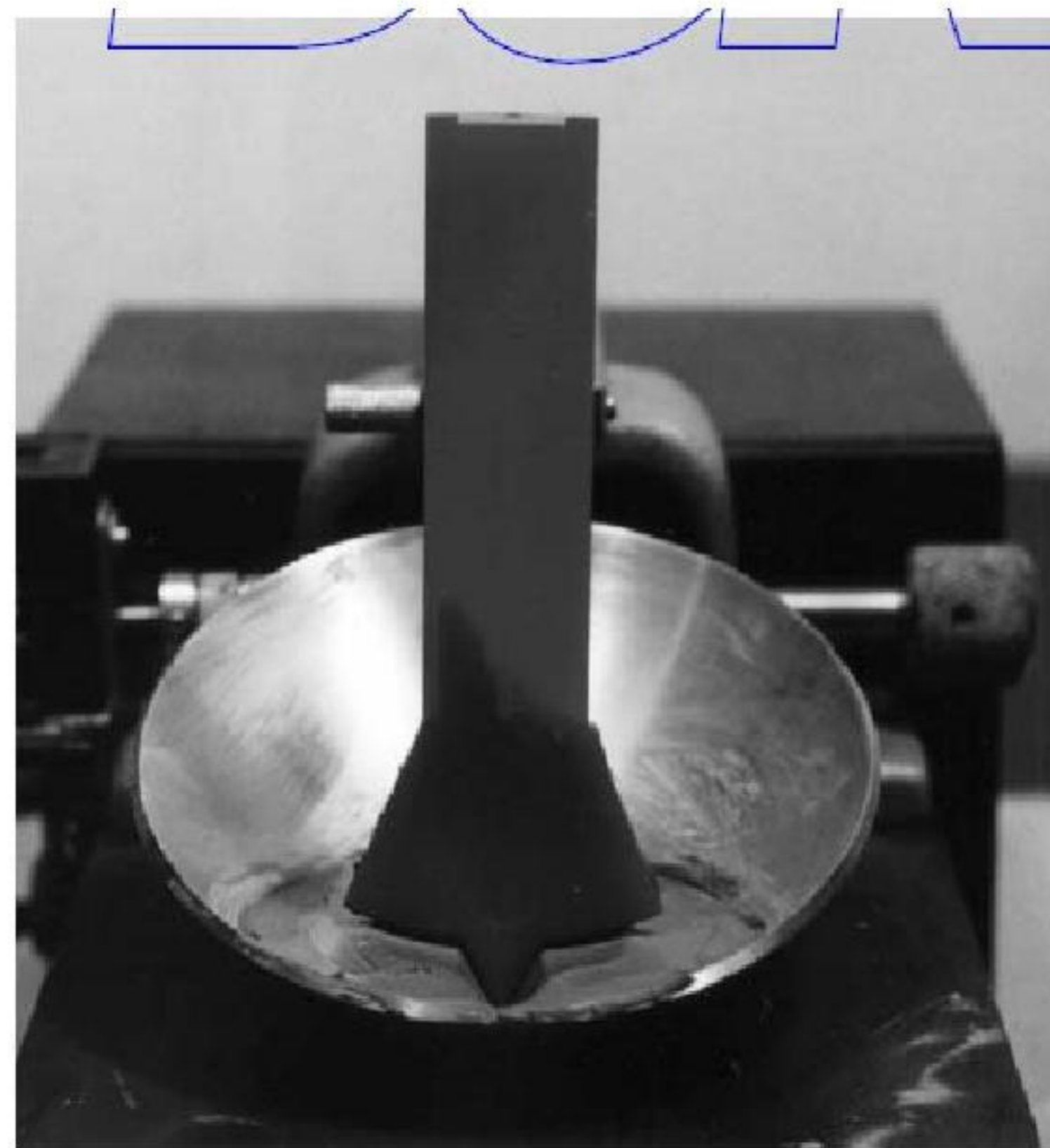
**10.8** Tentukan kadar air,  $W^n$ , lempung dari masing-masing percobaan sesuai dengan Metode uji ASTM D 2216 -05.

**10.8.1** Tentukan berat awal (wadah ditambah lempung basah), sebaiknya dilakukan segera setelah pengujian selesai. Apabila pengujian jeda selama lebih dari 15 menit, tentukan berat kadar air contoh uji pada waktu jeda..

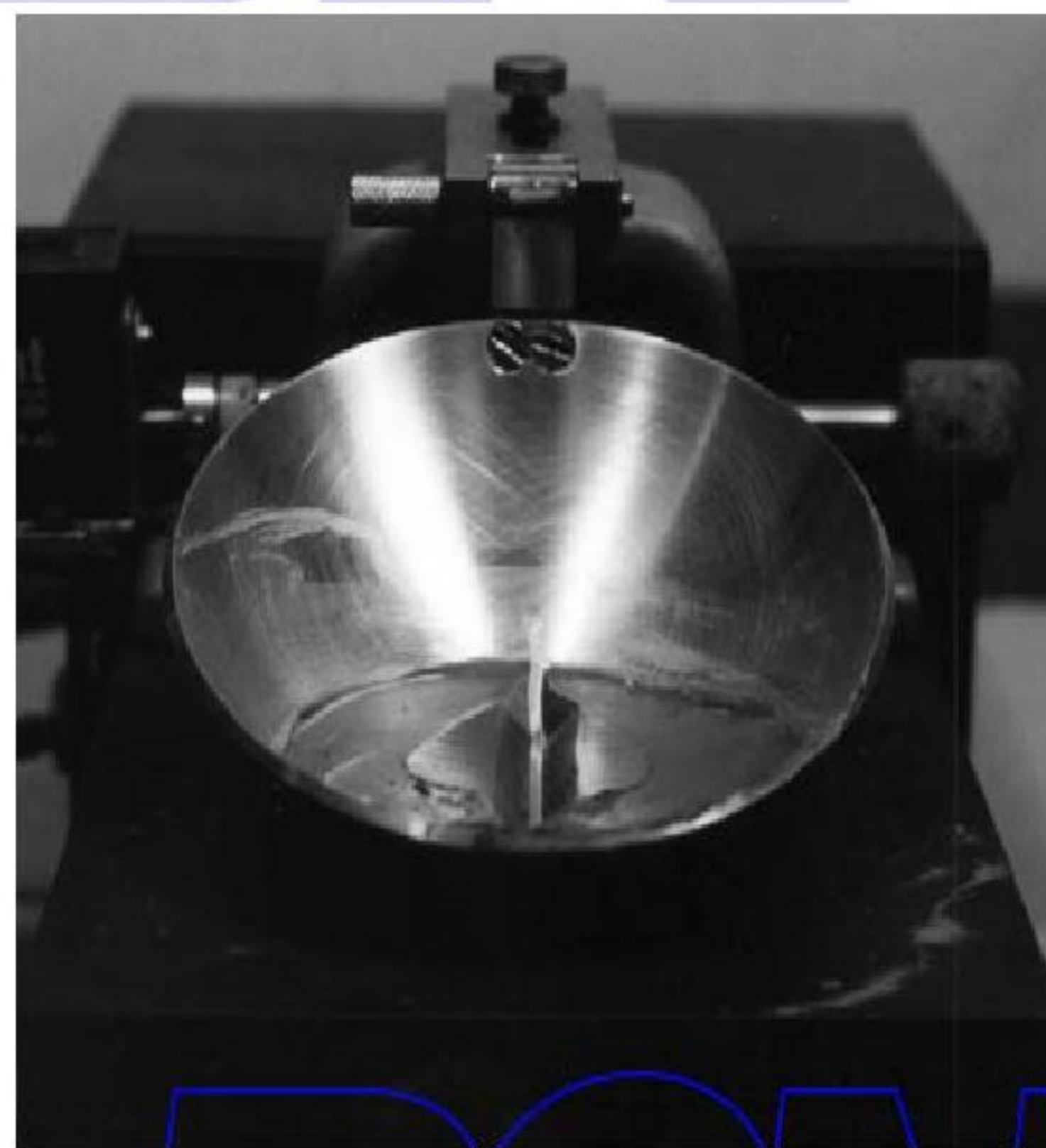


## 11 Perhitungan

**11.1** Plot hubungan antara kadar air,  $W^n$ , dan jumlah ketukan mangkok,  $N$ , pada kertas grafik semilogaritma dengan kadar air sebagai ordinat pada skala aritmatika, dan jumlah ketukan sebagai absis pada skala logaritmik. Gambar garis lurus terbaik melalui tiga atau lebih titik yang diplot.



Gambar 6 - Alat pembuat alur



Gambar 7 - Kondisi lempung yang disebar di atas peralatan batas cair

Gambar 8



**11.2** Ambil data kadar air yang berhubungan ke titik potong garis dengan absis ketukan ke-25 sebagai batas cair lempung dan bulatkan pada angka terdekat. Metode komputasi dapat mengganti metode grafik untuk mendapatkan garis lurus data dan menentukan batas cair.

## 12 Laporan

**12.1** Prosedur dijelaskan pada pasal 10.1–10.5 kecuali bahwa jumlah ketukan yang diperlukan untuk menutup alur harus 20 ketukan sampai 30 ketukan. Apabila kurang dari 20 ketukan atau lebih dari 30 ketukan yang diperlukan, atur kadar air lempung dan ulangi prosedurnya.

**12.2** Segera setelah memindahkan contoh uji berkadar air seperti dijelaskan dalam pasal 10.5, cetak ulang lempung di dalam mangkok, tambahkan sedikit lempung untuk mengganti lempung yang hilang dalam pengaluran dan pengambilan contoh. Ulangi pasal 10.2–10.5, dan, apabila penutupan alur yang kedua memerlukan jumlah ketukan yang sama atau perbedaan tidak lebih dua ketukan, pastikan contoh uji berkadar air yang lain. Atau, campur lagi semua contoh uji dan ulangi prosedur pengujiannya

**CATATAN 8** - Pengeringan yang berlebihan atau pencampuran yang tidak mencukupi akan menyebabkan jumlah ketukan yang berbeda.

**12.3** Tentukan kadar air contoh uji berdasarkan pasal 10.8.

## 13 Perhitungan

**13.1** Tentukan batas cair untuk masing-masing contoh uji berkadar air menggunakan salah satu persamaan :

$$LL^n = W^n \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0,121} \text{ atau } LL^n = k \cdot W^n$$

dengan:

$LL^n$  = batas cair satu titik untuk percobaan yang dilakukan, %

$N$  = jumlah ketukan yang menyebabkan menutupnya alur untuk percobaan yang dilakukan

$W^n$  = kadar air untuk percobaan yang dilakukan, %, dan

$k$  = faktor yang diberikan pada Tabel 1

**13.1.1** Batas cair,  $LL$ , adalah rata-rata dari dua percobaan nilai batas cair, mendekati angka bulat yang terdekat ( tanpa tanda desimal )

**13.2** Apabila perbedaan antara dua percobaan nilai batas cair lebih besar dari satu persen, ulangi pengujiannya seperti dijelaskan pada pasal 12.1 sampai pasal 13.1.1.

## 14 Penyiapan contoh uji

**14.1** Ambil 20 g atau lebih bagian lempung dari bahan yang telah disiapkan untuk pengujian batas cair, setelah pencampuran kedua sebelum pengujian, atau dari lempung yang tersisa setelah pengujian batas cair selesai. Kurangi kadar air lempung sampai konstan yang mana lempung dapat digulung tanpa lengket pada tangan dengan menyebarkan atau mencampur secara kontinyu di atas kaca datar atau di dalam wadah pencampur. Proses pengeringan dapat dipercepat dengan memaparkan lempung di udara langsung dengan



kipas angin, atau dikeringkan dengan menggunakan kertas yang tidak menyebabkan adanya serat kertas yang menempel pada lempung.

## 15 Prosedur

**15.1** Dari contoh uji batas plastis ini, ambil 1,5 g sampai 2,0 g bahan. Bentuk lempung yang diambil menjadi massa berbentuk elip.

**15.2** Gulung massa lempung dengan salah satu metode berikut :

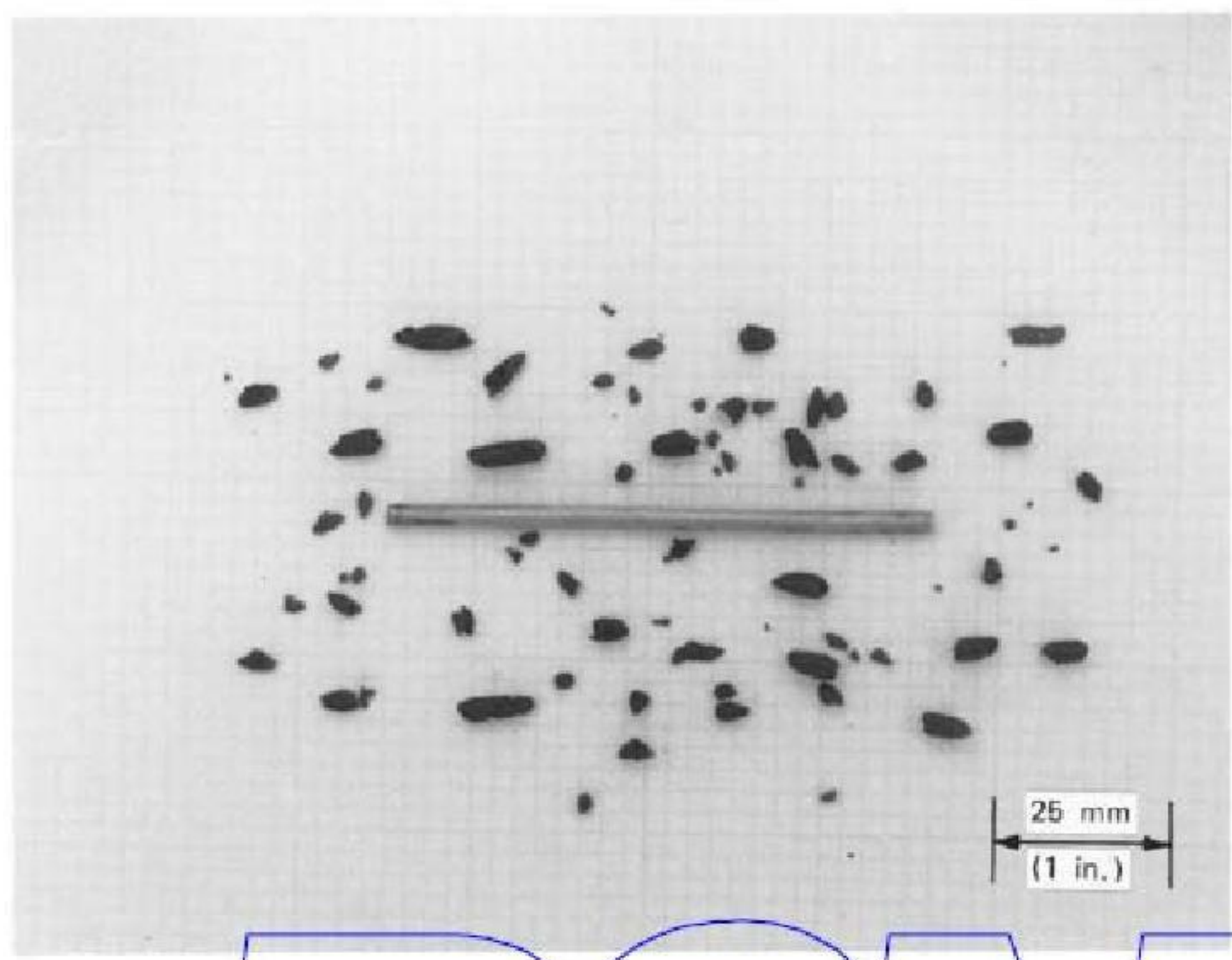
**15.2.1** Metode Manual - Gulung massa diantara telapak tangan atau jari-jari tangan dan piringan/alas kaca penggulung dengan tekanan yang cukup untuk menggulung massa ke dalam bentuk silinder yang berdiameter seragam sepanjang silinder tersebut (lihat Catatan9). Silinder dibentuk lebih lanjut sambil dikenakan tekanan sehingga diameternya mencapai 3,2 mm, diamkan tidak lebih dari 2 menit (lihat Catatan10). Besarnya tekanan tangan atau jari-jari tangan yang diperlukan tergantung lempung yang sedang diuji, umumnya tekanan yang diperlukan meningkat dengan meningkatnya plastisitas. Lempung rapuh dengan plastisitas rendah digulung di bawah sisi luar telapak tangan atau pada dasar ibu jari.

**CATATAN 9** - Kecepatan normal penggulangan untuk kebanyakan lempung sebaiknya 80 sampai 90 siklus per menit, menghitung satu siklus adalah satu gerakan sempurna tangan bergerak ke depan dan kembali ke posisi awal. Kecepatan penggulangan dapat dikurangi untuk lempung yang sangat rapuh.

**CATATAN 10** - Batangan atau tabung silinder berdiameter 3,2 mm bermanfaat sebagai pembanding terhadap silinder lempung yang dibuat pada saat silinder mencapai diameter yang dimaksud.

**15.3** Pada saat diameter silinder telah mencapai 3,2 mm, hancurkan gulungan menjadi beberapa bagian. Remas bagian tersebut bersama-sama, remas diantara ibu jari dan telunjuk tangan, bentuk lagi menjadi elip, dan gulung lagi. Lanjutkan penggulangan cara ini menjadi silinder dengan diameter 3,2 mm, gabungkan, remas dan gulung lagi, sampai silinder hancur pada tekanan tertentu dan lempung tidak dapat digulung lagi menjadi gulungan berdiameter 3,2 mm (lihat Gambar 9). Hal ini tidak penting apabila silinder hancur menjadi silinder yang lebih pendek. Gulung silinder yang lebih pendek menjadi silinder berdiameter 3,2 mm. Hanya, syarat untuk melanjutkan pengujian ini adalah bahwa silinder-silinder dapat dibentuk ulang menjadi elip dan digulung lagi. Penguji harus berusaha untuk tidak gagal membuat silinder yang tepat 3,2 mm dengan membiarkan silinder mencapai 3,2 mm, kemudian mengurangi tekanan tangan. Lanjutkan penggulangan tanpa berubah bentuk sampai silinder jatuh berserakan. Hal ini diperbolehkan, namun, untuk mengurangi deformasi total lempung plastis yang rapuh lakukan dengan membuat diameter awal elip mendekati 3,2 mm diameter akhir yang dipersyaratkan. Apabila penghancuran terjadi pada saat silinder berdiameter lebih besar dari 3,2 mm, hal ini dianggap titik akhir yang memuaskan, lempung yang dihasilkan telah beberapa kali digulung menjadi silinder dengan diameter 3,2 mm. Penghancuran silinder dengan sendirinya akan berbeda pada berbagai macam lempung. Beberapa lempung hancur menjadi partikel agregat kecil, lempung yang lain dapat membentuk lapisan pipa luar yang mulai retak pada kedua ujungnya. Peretakan berkembang ke arah tengah, dan akhirnya, silinder hancur menjadi partikel kecil. Lempung plastis (*fat clay soils*) membutuhkan banyak tekanan untuk menghancurkan silinder, terutama karena lempung plastis (*fat clay soils*). Dengan lempung yang seperti ini, silinder hancur menjadi ukuran batangan secara bertahap kira-kira panjang 3,2 sampai 9,5 mm.





**Gambar 9 - Keadaan silinder yang hancur pada pengujian batas plastis**

**15.4** Kumpulkan bagian silinder yang hancur bersama-sama dan tempatkan di dalam wadah yang diketahui beratnya. Segera tutup wadah.

**15.5** Ambil 1,5 g sampai 2,0 g bagian lempung yang lain dari contoh uji batas plastis dan ulangi pengerjaannya seperti yang dijelaskan pada pasal 15.1 sampai pasal 15.3 sampai wadah memiliki minimal 6 g lempung.

**15.6** Ulangi prosedur sesuai pasal 15.1-15.3 untuk membuat wadah yang berisi minimal 6 g lempung. Tentukan kadar air lempung yang terdapat dalam wadah sesuai dengan Metode uji ASTM D 2216-05. Lihat pasal 10.8.1.

## 16 Perhitungan

**16.1** Hitung rata-rata dua kadar air (percobaan batas plastis) dan bulatkan mendekati angka bulat terdekat. Nilai ini adalah nilai batas plastis, PL. Ulangi pengujian apabila perbedaan antara dua percobaan batas plastis lebih besar dari rentang keberterimaan untuk dua hasil yang tercantum pada Tabel 2 untuk presisi teknisi tunggal, yaitu, 1,4 persen. Sebagai contoh (2.8 x 0.5) dari ASTM E 177-06b.

## 17 Perhitungan

**17.1** Hitung indeks plastisitas sebagai berikut :

$$PI = LL - PL$$

dengan:

*LL* = batas cair ( angka bulat )

*PL* = batas plastis ( angka bulat )

**17.1.1** *LL* dan *PL* adalah angka bulat. Apabila batas cair atau batas plastis tidak dapat ditetapkan, atau apabila batas plastis sama dengan atau lebih besar dari batas cair, laporkan lempung sebagai lempung tidak plastis, NP



## 18 Pelaporan

18.1 Laporkan informasi berikut :

18.1.1 Informasi identitas contoh,

18.1.2 Laporkan contoh sebagai kering udara apabila contoh dikeringkan di udara sebelum atau selama persiapan,

18.1.3 Batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas mendekati angka bulat, tanpa menyebutkan persen. Apabila pengujian batas cair atau batas plastis tidak dapat dilakukan, atau apabila batas plastis sama dengan atau lebih besar dari batas cair, laporkan lempung sebagai lempung nonplatis, NP.





## Lampiran A (informatif)

### Presisi dan bias

**19.1** Presisi - Kriteria untuk memutuskan keberterimaan hasil uji yang diperoleh dengan metode pengujian ini pada rentang jenis lempung diberikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Dalam unjuk kerja metode ini, Metode A dan Metode penyiapan basah (kecuali lempung dikeringkan udara) digunakan.

**19.1.1** Perkiraan akurasi ini didasarkan pada hasil program interlaboratorium yang dilakukan oleh program pengujian dan lempung referensi ASTM<sup>2</sup>. Pada program ini, beberapa laboratorium melakukan tiga kali pengujian setiap jenis lempung (uji triplo laboratorium), sementara laboratorium yang lain melakukan satu kali pengujian setiap jenis lempung (pengujian tunggal laboratorium). Penjelasan lempung yang diuji diberikan pada butir 17.1.5. Perkiraan akurasi bervariasi terhadap jenis lempung dan metode yang digunakan. Keputusan diperlukan apabila memberlakukan perkiraan ini untuk lempung dan metode lain yang digunakan (Metode A atau B, atau metode basah atau kering).

**19.1.2** Data pada Tabel 2 berdasarkan pada pengujian triplo yang dilakukan oleh setiap pengujian triplo laboratorium pada setiap lempung. Teknisi tunggal dan standar deviasi multilaboratorium ditunjukkan pada Tabel 2, kolom 4, yang diperoleh sesuai Practice E 691, yang disarankan setiap pengujian laboratorium melakukan minimal tiga kali uji. Hasil dua pengujian yang tepat dilakukan oleh teknisi yang sama pada bahan yang sama, menggunakan peralatan yang sama, dan dalam periode waktu pengerjaan yang sesingkat-singkatnya sebaiknya tidak berbeda lebih dari limit d<sub>2s</sub> ditunjukkan pada Tabel 2, Kolom 5. Untuk limit d<sub>2s</sub> lihat Catatan kaki C pada Tabel 2. Hasil dua pengujian yang tepat dilakukan oleh teknisi yang berbeda dan pada hari yang berbeda seharusnya tidak berbeda lebih dari limit d<sub>2s</sub> multilaboratorium ditunjukkan pada Tabel 2 kolom 5.

**19.1.3** Dalam Program pengujian dan lempung referensi ASTM, banyak laboratorium yang melakukan hanya pengujian tunggal pada setiap lempung. Ini merupakan hal yang biasa dalam industri perancangan dan konstruksi. Data untuk setiap jenis lempung pada Tabel 3 berdasar pada hasil pengujian pertama yang diperoleh dari pengujian triplo laboratorium dan pengujian tunggal diperoleh dari laboratorium lain. Hasil dari dua pengujian yang tepat dilakukan oleh dua laboratorium yang berbeda dengan teknisi yang berbeda menggunakan peralatan yang berbeda dan pada hari yang berbeda seharusnya tidak berbeda lebih dari batas d<sub>2s</sub> ditunjukkan pada Tabel 3 kolom 5. Hasil pada Tabel 2 dan Tabel 3 tidak serupa karena set datanya berbeda.

**19.1.4** Tabel 2 menyajikan interpretasi yang teliti dari data pengujian triplo sesuai dengan Practice E 691 dari laboratorium *pre-qualified*. Tabel 3 diturunkan dari data pengujian yang umum.

**19.1.5** Jenis lempung - Berdasarkan hasil pengujian multilaboratorium, lempung yang digunakan pada program dijelaskan di bawah sesuai dengan Practice D 2487. Sebagai tambahan, nama lokal lempung diberikan

CH - Lempung gembur, CH, 99 % butir halus, LL=60, PI=39, coklat keabu-abuan, lempung sudah dikeringkan dalam udara dan digiling. Nama lokal—Lempung Vicksburg Buckshot



CL - Lempung gersang, CL, 89 % butir halus, LL=33, PI=13, abu-abu, lempung sudah dikeringkan dalam udara dan digiling. Nama lokal - Lempung Annapolis  
ML - Silt, ML, 99 % butir halus, LL=27, PI=4, coklat muda, lempung sudah dikeringkan dalam udara dan digiling. Nama lokal - Vicksburg Silt

**19.2** Bias—Tidak ada referensi nilai keberterimaan untuk metode uji ini, oleh karena itu, bias tidak dapat ditetapkan

## **20 Kata kunci**

**20.1** aktifitas; batas Atterberg; batas cair; indeks plastisitas; batas plastis





## Lampiran B (normatif)

Tabel data yang diacu di dalam standar ini

**Tabel 1 - Faktor untuk memperoleh batas cair dari kadar air dan jumlah ketukan yang dapat menyambung alur**

N (Number of Drops)	k (Factor for Liquid Limit)
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**Tabel 2 - Ringkasan hasil pengujian dari pengujian laboratorium secara triplo (Batas Atterberg)**

(1) Soil Type	(2) Number of Triplicate Test Laboratories			(3) Average Value <sup>A</sup> (Percentage Points)			(4) Standard Deviation <sup>B</sup> (Percentage Points)			(5) Acceptable Range of Two Results <sup>C</sup> (Percentage Points)		
	LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI
<i>Single-Operator Results (Within-Laboratory Repeatability)</i>												
CH	13	13	13	59.8	20.6	39.2	0.7	0.5	0.8	2	1	2
CL	14	13	13	33.4	19.9	13.6	0.3	0.4	0.5	1	1	1
ML	12	11	11	27.4	23.4 <sup>D</sup>	4.1 <sup>D</sup>	0.5	0.3	0.6	2	1	2
<i>Multilaboratory Results (Between-Laboratory Reproducibility)</i>												
CH	13	13	13	59.8	20.6	39.2	1.3	2.0	2.5	4	6	7
CL	14	13	13	33.4	19.9	13.6	1.0	1.2	1.7	3	3	5
ML	12	11	11	27.4	23.4 <sup>D</sup>	4.1 <sup>D</sup>	1.3	0.9	1.9	4	3	5

<sup>A</sup>Jumlah angka signifikan dan desimal yang ada mewakili data input. Berdasarkan *Practice D 6026*, standar deviasi dan rentang keberterimaan hasil tidak boleh memiliki desimal melebihi data input.

<sup>B</sup>Standar deviasi dihitung berdasarkan *Practice E 691* dan diacu sebagai batas 1s.

<sup>C</sup>Rentang keberterimaan dari dua hasil diacu sebagai batas d2s. Dihitung sebagai  $-1,960 \cdot \sqrt{2} \cdot 1s$ , seperti ditentukan pada *Practice E 177*. Perbedaan antara dua hasil pengujian yang dilakukan sebaiknya tidak melebihi batas ini. Jumlah angka/decimal signifikan yang ada sama dengan yang ditentukan oleh metode pengujian ini atau *Practice D 6026*. Lagi pula, nilai yang ada dapat memiliki jumlah desimal yang sama sebagai standar deviasi, bahkan apabila hasilnya melebihi angka signifikan daripada standar deviasi.

<sup>D</sup>Untuk lempung ML, 2 out of 14 pengujian triplo laboratorium dilaporkan sebagai lempung tidak plastis.



**Tabel 3 - Ringkasan hasil pengujian tunggal dari setiap laboratorium (Batas Atterberg)<sup>A</sup>**

(1)	(2)	(3)			(4)			(5)		
Soil Type	Number of Test Laboratories	Average Value (Percentage Points)			Standard Deviation (Percentage Points)			Acceptable Range of Two Results (Percentage Points)		
		Type Test								
		LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI
CH	24	59.9	20.4	39.5	2.1	2.7	3.1	6	7	9
CL	24	33.3	19.9	13.4	0.8	1.3	1.6	2	4	4
ML	18	27.1	23.2 <sup>B</sup>	3.9 <sup>B</sup>	1.3	1.2	1.8	4	3	5

<sup>A</sup>Untuk catatan kolom, lihat Tabel 3

<sup>B</sup>Untuk lempung ML, 6 dari 24 laboratorium dilaporkan sebagai lempung tidak plastis





# APENDIKS

## X1 Lembar data contoh

Laboratory Name: Example Project Name: Example Project Number: Example  
 Soil Type: CH-1 Boring Number: N/A Depth (m or ft): N/A  
 Initial Visual Description: CH, brown, highly plastic clay  
 Sample Number: N/A

INITIAL VISUAL USCS GROUP SYMBOL:	CH
-----------------------------------	----

SPECIMEN PREPARATION			
Wet:	<input checked="" type="checkbox"/>	Washed on #40 Sieve	<input type="checkbox"/>
Dry (Air):	<input type="checkbox"/>	Dry Sieved on #40 Sieve	<input type="checkbox"/>
Dry (Oven):	<input type="checkbox"/>	Mechanically Pushed Through #40 Sieve	<input type="checkbox"/>
Mixed on Glass Plate and Removed Medium Plus Sand Particles			
<input checked="" type="checkbox"/>			
Mixing Water: Distilled	<input checked="" type="checkbox"/>	Demineralized:	<input type="checkbox"/>
Other:			

TESTING EQUIPMENT USED		
Plastic Limit:	Hand Rolled	<input checked="" type="checkbox"/>
	Mechanical Rolling Device	<input type="checkbox"/>
Liquid Limit:	Manual	<input checked="" type="checkbox"/>
Apparatus No. ( )	Mechanical	<input type="checkbox"/>
Casagrande/ASTM	Metal	<input type="checkbox"/>
Grooving Tool:	Plastic	<input checked="" type="checkbox"/>

### AS-RECEIVED WATER CONTENT (OVEN DRIED)

Container No.	example	example	
Mass Moist Soil + Container, M1 (g)	n/a	n/a	
Mass Dry Soil + Container, M2 (g)			
Mass Container, M3 (g)			Average
WATER CONTENT, w, (%)			

Circle Approximate Max. Grain Size in Sample 3" 1-1/2" 3/4" 3/8" #4 #10 <#10

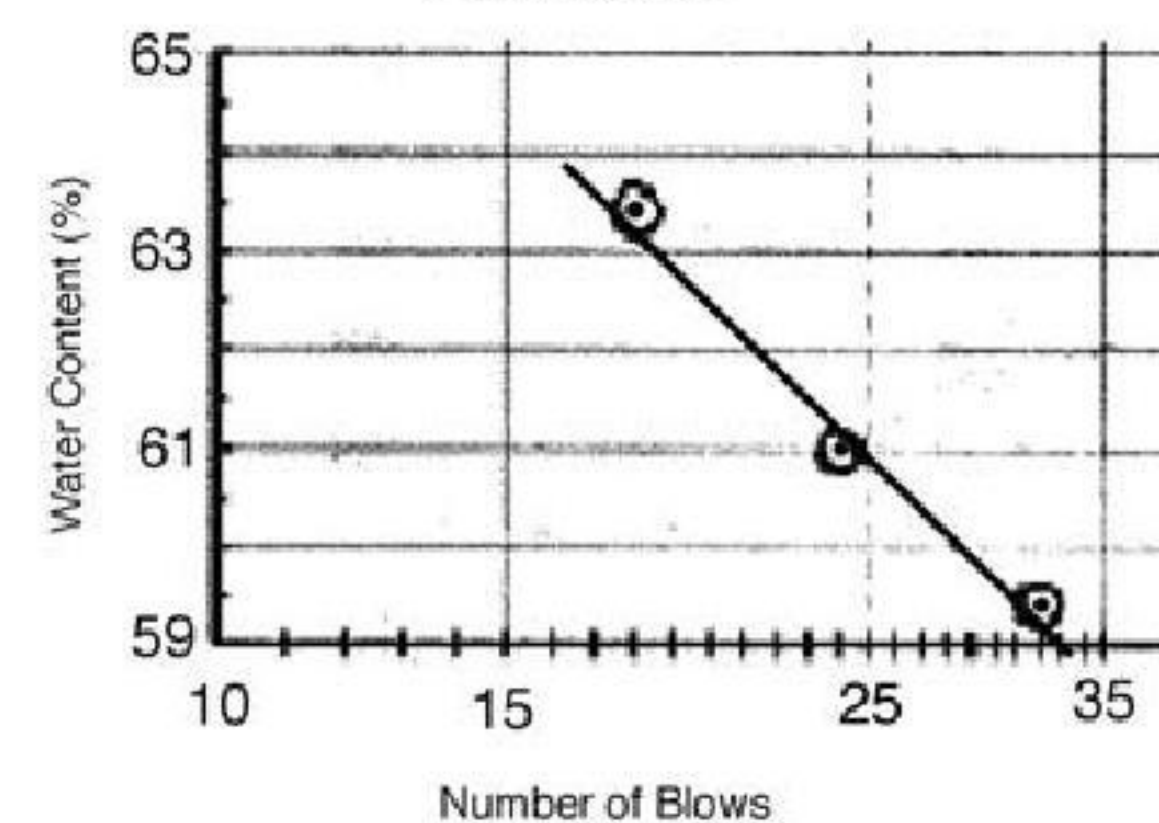
### PLASTIC LIMIT

Container No.	151	s-110	
Mass Moist Soil + Container, M1 (g)	24.44	23.75	
Mass Dry Soil + Container, M2 (g)	22.96	22.13	
Mass Container, M3 (g)	16.76	15.32	Average
WATER CONTENT, w, (%)	23.9	23.8	23.9

### LIQUID LIMIT

Container No.	147	232	152	
Mass Moist Soil + Container, M1 (g)	35.24	37.79	35.88	
Mass Dry Soil + Container, M2 (g)	28.52	30.50	28.46	
Mass Container, M3 (g)	17.19	18.55	16.75	
WATER CONTENT, w, (%)	59.3	61.0	63.4	
NUMBER OF BLOWS, N	32	24	18	Average
LIQUID LIMIT, ASTM SINGLE POINT	n/a	n/a	n/a	n/a

Flow Curve



### LINEAR REGRESSION ANALYSIS

w at N = 25 Blows  
 Coef. Of Determination, r<sup>2</sup>

Recommended range of Blow Count for Multiple Point Method A: SUMMARY

15 to 25, 25 to 30, and 25 to 35

Recommended range of Blow Count for Single Point Method B:

20 to 30

$w_o$  or  $w = ((M1-M2)/(M2-M3)) \times 100$

LL = Water Content at N = 25 blows, from Flow Curve

LL by Single Point =  $w \times (N/25)^{0.121}$

PI = LL - PL

LI =  $(w_o - PL) / (LL - PL)$

TEST METHOD	A	X	B		Wet	X	Dry	
AS-RECEIVED WATER CONTENT, w, (%)								
LIQUID LIMIT, LL								
PLASTIC LIMIT, PL								
PLASTICITY INDEX, PI								
LIQUIDITY INDEX, LI								
PERCENTAGE POINTS ABOVE/BELOW A-LINE								
PLASTICITY CHART CLASSIFICATION								

PREPARED BY: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_ DRY MASS BY: \_\_\_\_\_ CHECKED BY: \_\_\_\_\_  
 TESTED BY: \_\_\_\_\_ DATE: \_\_\_\_\_ CALCULATED BY: \_\_\_\_\_ SPOT CHECKED BY: \_\_\_\_\_  
 REVIEWED BY: \_\_\_\_\_



## Bibliografi

- 1 Practice E 691 *Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method.*
- 2 ASTM D 4318-05 *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.*
- 3 SNI 03-1323-1989 Cara uji keplastisan lempung menurut Atterberg.
- 4 ASTM D 653 *Terminology relating to Soil, Rock, and Contained Fluids.*

